



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky  
a mezioborových studií



# Virtuální smartroom

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B2646 – Informační technologie  
*Studijní obor:* 1802R007 – Informační technologie

*Autor práce:* **Tomáš Bláha**  
*Vedoucí práce:* Ing. Jiří Jeníček, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Mechatronics, Informatics  
and Interdisciplinary Studies ■

# Virtual smartroom

## Bachelor thesis

*Study programme:* B2646 – Information Technology  
*Study branch:* 1802R007 – Information Technology  
*Author:* **Tomáš Bláha**  
*Supervisor:* Ing. Jiří Jeníček, Ph.D.



## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Bláha**  
Osobní číslo: **M13000085**  
Studijní program: **B2646 Informační technologie**  
Studijní obor: **Informační technologie**  
Název tématu: **Virtuální smartroom**  
Zadávací katedra: **Ústav informačních technologií a elektroniky**

### **Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :**


1. Seznamte se problematikou modelování interaktivních 3D aplikací v prostředí Unreal Development Kit.
2. Vytvořte realistický model učebny Smartroom včetně naskriptované interaktivity shodné s realitou.
3. Realizujte možnost víceuživatelské audiovizuální telekonference.
4. Otestujte limity aplikace z hlediska počtu připojených uživatelů vs. nároků na hardware klienta a serveru.

Rozsah grafických prací: Dle potřeby dokumentace  
Rozsah pracovní zprávy: cca 30 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

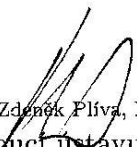
- [1] Thorn, A.: UDK Game Development, Cengage Learning PTR, 2011, ISBN 978-1435460188
- [2] Kříž, J.: Mistrovství v 3ds Max, Computer press, 2010, ISBN 9788025124642

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Jeníček, Ph.D.  
Ústav informačních technologií a elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: 12. září 2014  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. května 2015

  
prof. Ing. Václav Kopecký, OSc.  
děkan



  
prof. Ing. Zdeněk Pliva, Ph.D.  
vedoucí ústavu

V Liberci dne 12. září 2014

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 10. 9. 2015

Podpis: 

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Jiří Jeníčkovi, Ph.D. za odborné vedení a spolupráci při tvorbě bakalářské práce a za jeho trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat své přítelkyni, která nade mnou nezlomila hůl i v tom nejkrušnějším období při psaní bakalářské práce.

## Abstrakt

Obsahem práce je vytvoření virtuální učebny smartroom, která obsahuje multimediální zařízení sloužící k realizaci videokonferencí. Smartroom je vytvořena v herním enginu jako jedna ze dvou scén. Druhou scénou je pro orientaci důležité menu, které umožňuje zakládat či se připojovat k jednotlivým konferencím. Aplikace je vytvořena pro více hráčů. Je umožněn přenos zvuku a videa mezi jednotlivými účastníky sezení. Důležitou součástí práce je také testování softwarových požadavků uživatelů aplikace.

### Klíčová slova

Smartroom, virtualizace, videokonference, engine, multiplayer, WebRTC.

## Abstract

This thesis describes how to create a virtual classroom called the smart room which has multimedia equipment that you can use for videoconferencing. Smart room is created in game engine as one of two scenes. The second scene is important for its menu that let's you create or connect to specific conference. App is created for more than one player (multiple players). Audio and video are enabled between those players. An important part of this project is also to test software requirements of app users.

### Keywords

Smartroom, virtualization, video conference, engine, multiplayer, WebRTC.

# Obsah

Seznam zkratk.....	10
<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>1 PODROBNĚJŠÍ PŘEDSTAVENÍ PROBLEMATIKY.....</b>	<b>13</b>
1.1 ENGINE.....	13
1.1.1 Vykreslování grafiky - renderování.....	13
1.1.2 Ozvučení hry.....	13
1.1.3 Interakce uživatele s okolím.....	13
1.1.4 Správa kolizí.....	13
1.1.5 Správa textur .....	14
1.1.6 Scéna .....	14
1.2 SMARTROOM.....	14
1.3 VIDEOKONFERENCE.....	14
1.4 GRAFICKÝ NÁSTROJ.....	14
1.5 SINGLEPLAYER.....	15
1.6 MULTIPLAYER.....	15
1.6.1 Dedikovaný server.....	15
1.7 PLUGIN .....	15
1.8 API .....	15
1.9 POPIS UČEBNY .....	15
<b>2 CÍLE .....</b>	<b>17</b>
<b>3 NÁVRH ŘEŠENÍ.....</b>	<b>18</b>
3.1 MOŽNOSTI HERNÍHO ENGINU.....	18
3.1.1 Unreal Engine 4 .....	18
3.1.2 CryEngine .....	19
3.1.3 Unity3D .....	20
3.1.4 Vybraný engine .....	20
3.2 MOŽNOSTI MODELOVACÍHO PROGRAMU .....	20



3.2.1	3DS Max .....	21
3.2.2	Maya.....	21
3.2.3	Blender .....	22
3.2.4	Vybraný modelovací program.....	22
3.3	MOŽNOSTI TECHNOLOGIE PRO KONFERENCI.....	22
3.3.1	Steamworks API .....	23
3.3.2	WebRTC.....	23
3.3.3	CoherentUI.....	23
3.3.4	Bistri Framework .....	23
3.4	METODY, KTERÉ VEDLY K NEÚSPĚCHU .....	24
3.5	VÝBĚR .....	24
<b>4</b>	<b>REALIZACE ŘEŠENÍ .....</b>	<b>26</b>
4.1	WEBOVÁ STRÁNKA S KONFERENCÍ.....	26
4.1.1	Programová logika.....	27
4.2	GAME INSTANCE .....	29
4.2.1	Makra .....	29
4.2.2	Funkce .....	29
4.3	STAVY APLIKACE.....	29
4.3.1	Popis stavů .....	30
4.4	HLAVNÍ MENU .....	30
4.5	UČEBNA SMARTROOM.....	31
<b>5</b>	<b>VYHODNOCENÍ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>35</b>
	<b>SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>36</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>37</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>37</b>

## Seznam zkratek

API	aplikační rozhraní
WebRTC	komunikace v reálném čase skrz webový prohlížeč
TCP/IP	přenosový protokol síťové vrstvy
fps	počet snímků za sekundu
HTML	značkovací jazyk
CSS	kaskádové styly
IP	internetový protokol
CPU	centrální jednotka počítače
GPU	grafický procesor
RAM	operační paměť
OS	operační systém
HD	high definition (vysoké rozlišení)

## ÚVOD

Zvolené téma mnou bylo vybráno hned z několika důvodů. Tím prvním a nejdůležitějším je skutečnost, že mne velice zajímá vývoj a fungování her. Celkově herní průmysl je velmi zajímavým odvětvím, plným různých příležitostí a nových nápadů, vedoucích k rozvoji dovedností osob v tomto odvětví pracujících. Dalším důvodem je můj sen, kterým je práce právě v tomto odvětví. Hry jsou mou zálibou a rád bych se jim věnoval také pracovně. Jsou zajímavé tím, že každá hra je něčím jedinečná, výjimečná a vždy se dá vymyslet něco nového, lepšího. Toto všechno mne na tom fascinuje, a proto byla má volba tématu bakalářské práce jasná již od začátku.

Zadání práce bylo vymyšleno mnou, je tedy uzpůsobeno mým vlastním požadavkům. Úkolem práce je seznámení se s problematikou modelování interaktivních 3D aplikací v nějakém herním prostředí, mnou vybrán byl Unreal Development Kit. Dále je to vytvoření realistického modelu učebny Smartroom, která je umístěna v budově A Technické univerzity v Liberci, včetně naskriptované interaktivity shodné s realitou. Učebna je tedy vymodelována podle pořízených fotografií. V rámci práce je potřeba také realizovat možnost víceuživatelské audiovizuální telekonference, tedy přenos videa a zvuku. A v poslední řadě pak otestování limitů aplikace z hlediska počtu připojených uživatelů, aby bylo známo, jaký je maximální počet možných připojených hráčů a také test nároků na hardware klienta a serveru.

Práce je zpočátku zaměřena na úvod do problematiky, je tedy popsána důležitá terminologie, definováno několik pojmů a vysvětleno, jak takový projekt vůbec funguje. V této části je také detailně popsána učebna Smartroom a graficky znázorněna pomocí pořízených fotografií. V další části jsou pak popsány cíle řešení. Prvním z nich je vytvoření virtuální smartroom podle fyzické učebny, k tomu je potřeba použít vhodné vývojové prostředí. Po vymodelování učebny přichází na řadu zajištění multiplayeru a docílení možnosti přenášet zvuk a videa mezi jednotlivými uživateli. Posledními z cílů je testování nároků na software uživatele a zjištění, jaký je nejvyšší možný počet připojených uživatelů.

V rámci bodu návrh řešení jsou představena všechna možná řešení práce, a to ta méně vhodná i ideální. Jedná se například o možnosti použití herního enginu, které jsou dohromady tři, tak i možnosti použitých pluginů, programů k vytvoření 3D modelů

a způsobu přenosu videa a zvuku. Budou vysvětleny také důvody, proč byly zvoleny právě ty nástroje, které byly v práci využity.

Nejdůležitějším bodem práce je realizace řešení. Zde je podrobně popsáno, jak projekt funguje a jsou popsány také nástroje, tedy vývojové prostředí pro tvorbu her Unreal Engine 4, program pro tvorbu 3D objektů, scén a animací 3DS Max, API poskytující podporu pro telefonní hovory a video hovory WebRTC, plugin pro tvorbu uživatelského prostředí CoherentUI a nástroj k vytvoření možnosti připojení více hráčů Steamworks API. Je také shrnuto, jak se jednotlivé části projektu tvořily a jaké s tím byly spojeny problémy. Dále je pak popsáno, jak byly řešeny jednotlivé body zadání práce.

Obsahem vyhodnocení práce je zejména objasnění toho, zda byl projekt vypracován dle zadání a zda byly všechny body splněny nebo něco bylo vynecháno nebo naopak co bylo k práci vytvořeno navíc. Jsou zde také tabulky výsledků testování, potřebné grafy důležité pro vysvětlení a také popis softwarových nároků. Objevuje se zde ještě zhodnocení, které spočívá v úvaze nad tím, zda bylo možné projekt udělat lépe, pomocí jiných a vhodnějších prvků a nástrojů.

# 1 PODROBNĚJŠÍ PŘEDSTAVENÍ PROBLEMATIKY

## 1.1 ENGINE

Engine znamená v překladu jádro. V souvislosti s hrami představuje engine jádro počítačové hry, programu nebo interaktivní aplikace. Herní engine je v podstatě základ pro vývoj hry, do něj se postupně vkládá uživatelem vytvořený obsah, například kódy, modely atd. Díky němu je práce vývojářů velice usnadněna. V základu zajišťuje vykreslování grafiky, ozvučení celé hry, interakci uživatele s okolím a v poslední řadě také správu kolizí a textur.

### 1.1.1 Vykreslování grafiky - renderování

Vykreslování grafiky by se dalo rozdělit na scény a objekty, přičemž objekty se vkládají právě do scén. Objekty neboli modely jsou ve formě 2D či 3D, záleží na nastavení enginu. Jednotlivé modely si uchovávají spoustu informací, například data o členění na jednotlivé části objektu, díky čemuž lze aplikovat více textur na jeden objekt.

### 1.1.2 Ozvučení hry

Jedná se o přehrávání zvuku a hudby. Ozvučení je nedílnou součástí herních enginů, dodává totiž atmosféru výsledné hře či scéně. Každý engine by měl tedy podporovat přehrávání zvukových souborů. Poté je potřeba jen v enginu nastavit načasování či akci spouštění zvuků, například při kliknutí na nějaký objekt sloužící k interakci či hudbou podbarvené pozadí.

### 1.1.3 Interakce uživatele s okolím

Interakce uživatele s objektem je jedna z nejdůležitějších částí tvorby hry. Slouží k provedení požadované akce od uživatele na objektu, například zvednutí předmětu při namíření na něj. Tyto akce lze přenášet mezi jednotlivými klienty, což v praxi znamená, že zvednutí předmětu u prvního hráče se projeví u jiných hráčů například zmizením onoho předmětu. Tento jev je označován jako replikace mezi serverem a klienty.

### 1.1.4 Správa kolizí

Kolize objektu v podstatě znemožňuje průchod objektem. Zajišťuje tedy hmotnou podstatu objektu. Je to jeden z hlavních mechanismů důležitý pro vývoj hry, bez toho

nelze hru vytvořit, protože bez kolizí by nebyla umožněna například destrukce objektů, ve hře by se tedy nedalo reálně fungovat.

### **1.1.5 Správa textur**

Umožňuje vytváření a modifikaci materiálů z textur, následně je pak jejich aplikaci na grafické objekty. Textury se nevytváří přímo v enginu, je k tomu potřeba software třetí strany, jako např. Adobe Photoshop na komerční bázi nebo open source Gimp. Nejčastěji se textury vyskytují v souborových formátech \*.tiff a \*.tga.

### **1.1.6 Scéna**

Scéna je nejdůležitější částí výsledné aplikace, hry. Do ní se vkládá veškerý obsah, tzn. ozvučení, grafické objekty, atp. Obsahuje též herní logiku, která nám spravuje veškeré akce.

## **1.2 SMARTROOM**

Smartroom lze charakterizovat jako multimediální místnost, která je vybavena předměty, jako mikrofony, digitálními kamerami, vícekanálovými zvukovými kartami a nejdůležitější částí výkonnými počítači. Takto vybavena místnost má primárně sloužit k videokonferenčním hovorům

## **1.3 VIDEOKONFERENCE**

Videokonferenci lze definovat jako interaktivní způsob komunikace umožňující přenos videa a zvuku mezi více uživateli současně. Potřeba videokonferencí v dnešní době rapidně roste, a to z toho důvodu, že je to nejrychlejší a nejjednodušší způsob komunikace na velké vzdálenosti.

## **1.4 GRAFICKÝ NÁSTROJ**

Grafický nástroj slouží k vytvoření 2D či 3D scény, dají se vytvářet také animace. Grafické nástroje se využívají především pro tvorbu filmových efektů a v herním průmyslu. Může se však vyskytovat v různých fyzikálních modelech, simuluje například nějaké problémy z reálného života. Prostředí je navrženo ke snadnému ovládání, aby jej mohli využívat také méně zkušení uživatelé.

## **1.5 SINGLEPLAYER**

Jedná se o hru jednoho hráče, kde hráč stojí proti umělé inteligenci počítače, jež ovládá postavy či jiné objekty. Existují ryze singleplayer hry, ale i hry obohacené o možnost hrát s více hráči v tzv. kooperativním módu. Tento mód umožňuje jiným hráčům připojit se do speciálně upraveného obsahu, který bývá až v rozšířené verzi hry. Díky němu mohou hráči spolupracovat při postupu hrou.

## **1.6 MULTIPLAYER**

Multiplayer, z angličtiny přeloženo jako "Hra více hráčů", je termín označující možnost hrát hru s více uživateli v reálném čase. Hráči se dělí na dvě kategorie, tzv. Server a Klient. Jak název napovídá, uživatel označený jako server hru založil a ostatní uživatelé jakožto klienti se k němu připojují skrze rodinu protokolů TCP/IP. Ovšem založená hra nemusí mít uživatele, který hru založil. Zde mluvíme o tzv. dedikovaných serverech.

### **1.6.1 Dedikovaný server**

Je takový druh serveru, na kterém je spuštěna služba (Windows) či démon (unixové systémy), který emuluje herní server, tzn., že hra nemusí být spuštěna.

## **1.7 PLUGIN**

Též označován jako zásuvný modul. Je software, který není schopen pracovat samostatně, avšak rozšiřuje základní funkcionalitu programu, do kterého je vkládán skrze API daného programu. Slouží tedy jako doplněk programů.

## **1.8 API**

Je aplikační rozhraní, které umožňuje programátorovi přístup k funkcím nějakého programu, knihovny či jádra operačního systému.

## **1.9 POPIS UČEBNY**

Učebna, která mnou byla vybrána k virtualizaci, se nazývá Smartroom. Z názvu lze odvodit, že tato místnost disponuje různými prostředky navíc oproti učebně normální. Konkrétně zde jde o prvky, které slouží k realizaci video konference. Obsahuje několik

multimediálních prvků, mezi které patří například plazmová televize, projektor, multimediální stanice (počítač s poloprofesionální zvukovou kartou s až 12 kanály).

Učebna má přibližně 18 m<sup>2</sup>. Při vstupu do ní můžeme hned naproti dveřím vidět okno, uprostřed učebny jsou dva pak stoly spojené do tvaru písmena T, u nich se nachází 9 polstrovaných židlí. Po levé straně dveří stojí černý věšák na kabáty a taktéž se zde nachází spínač světla a teploměr, po pravé straně je umístěna knihovnička s telefonem a různými materiály či dokumenty. Podél levé stěny se rozprostírá větší skříň s vitrínou, v níž jsou staré komunikační přístroje, dále menší komoda a malý pojízdný stolek, nad nímž je fóliová tabule. V rohu se potom nachází počítačový stůl, na kterém je postaven monitor, klávesnice, myš a audio systém včetně ovladače. V poličce stolu je DVD rekordér a ve spodní části leží dvě počítačové skříně. Nad tímto stolem je upevněna velká plazmová televize. Přes již zmíněné okno lze stáhnout promítací plátno. Ve vedlejším rohu je stojatá lampa a malá komoda, na níž jsou rostliny a příruční topení. Vedle se nachází klasické topení i s jeho ovládáním, školní lavice, nad ní další okno a jako poslední následuje kachlíková část stěny s umyvadlem. Osvětlení učebny je zajištěno zářivkami.



## 2 CÍLE

Cílem práce je vytvořit věrnou kopii učebny Smartroom, která se nachází v prvním patře budovy A Technické Univerzity v Liberci. Ta je vybavena multimediálními prvky sloužícími k realizaci video konference mezi jednotlivými účastníky. Tato učebna má k dispozici několik kamer a mikrofonů, díky kterým se má konference realizovat.

Úkolem mé bakalářské práce je vytvoření aplikace v herním enginu Unreal Engine, jejíž prostředí má být obdobou učebny Smartroom jak po grafické stránce, tak i po stránce funkční. Samotná aplikace se skládá ze dvou různých scén. První scénou je hlavní nabídka, která umožňuje konferenci založit nebo se připojit k již existující, a to jak skrze internet, tak i přes lokální síť. Tou druhou je scéna s 3D místností, která obsahuje všechno vybavení učebny ke dni 4. 5. 2015. Scéna s místností Smartroom bude mít implementovanou funkcionalitu, jež má uživatele zapojit do konference, tím se myslí přenášet jeho video a zvuk z webkamery a streamovat jej ostatním uživatelům. Uživatel si bude moci svůj přenos zastavit a stále přijímat data od ostatních. Bude zde i zobrazeno, jak dlouho konference trvá. Bude zde jedna jednoduchá interakce, a to s vypínačem světel, které bude moci jakýkoliv uživatel libovolně vypnout či zapnout. Aplikace bude vytvořena jako multiplayerová hra.

Posledním cílem je testování nároků na software uživatele. Testování bude prováděno zkouškou na několika počítačích, aby aplikace měla aspoň 30 fps. Jako poslední je potřeba zjistit nevyšší možný počet připojených hráčů v rámci jednoho sezení, aby hra plynule fungovala.

## 3 NÁVRH ŘEŠENÍ

Nejprve je potřeba si vybrat jednotlivé aplikace, pomocí kterých lze hru vytvořit. Potřebujeme si vybrat správný engine, program pro modelování 3D objektů a technologie pro přenos zvuku a videa skrze počítačovou síť k jednotlivým uživatelům konference.

### 3.1 MOŽNOSTI HERNÍHO ENGINEU

Jednotlivé enginy se od sebe liší různými prvky, například programovacím jazykem, ve kterém hru tvoříme či licencováním. Některé herní enginy jsou volně dostupné, avšak je zde zpoplatněna publikace aplikace, respektive její následná komercializace. Proto je toto jedno z hlavních kritérií pro výběr správného engineu pro komerční účely. Pokud ovšem vyvíjíme pouze nekomerční hru, dáme při výběru engineu na své povědomí o nich. Téměř jistě se přikloníme na stranu známějšího engineu než na stranu méně známého, i když jsou funkčně úplně na stejné úrovni. Mezi nejznámější a v dnešní době nejvíce používané patří Unreal Engine, CryEngine a Unity3D.

#### 3.1.1 Unreal Engine 4

Unreal Engine je souhrnný název pro sadu aplikací z dílny společnosti Epic Games (dříve též známá jako Epic MegaGames), která se proslavila především herní sérií s názvem Unreal, jejíž první díl byl vydán roku 1998. Zároveň s touto hrou přišla společnost na trh s první verzí herního engineu pro vývoj her. Dnes již v pořadí čtvrtá verze tohoto populárního engineu je široce využívána veřejností jak pro komerční, tak i nekomerční projekty. Dříve byl využíván především pro střílečky z první osoby, ale v současné době se v něm tvoří nejrozmanitější hry.

Samotné jádro je napsáno v programovacím jazyce C++, proto je možné vyvíjet aplikace pro různé druhy platforem, například Windows, Linux, Mac OS, ale i konzolové platformy Xbox a PlayStation. Ve verzi čtyři vývojáři přidali tzv. Blueprinty (grafické skriptování), odstranili vlastní programovací jazyk UnrealScript a nahradili ho jazykem C++. Tím ale způsobili zpětnou nekompatibilitu. Hra vytvořená ve starší verzi tam musela být také nadále upravována. S inovací blueprintů si získali na svou stranu především běžné uživatele, kteří měli s programováním aplikací malé či

vůbec žádné zkušenosti. Editor je zpřístupněn zcela bez poplatků, následná komerční publikace je pak zpoplatněna 5 % z celkových příjmů ze hry. [1] [2]

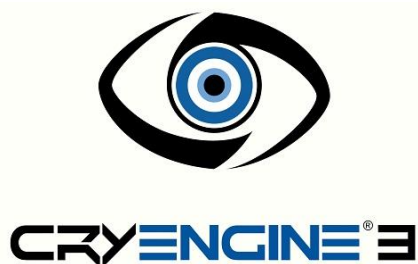


Obrázek 1: Logo Unreal Engine 4

### 3.1.2 CryEngine

Je aplikace vytvořená německým vývojářským studiem Crytek. Zprvu byl tento engine použit pouze k výrobě demo verze pro společnost Nvidia, avšak po velice dobrém ohlasu se společnost rozhodla pro vytvoření celé hry z této demo verze. Tato hra nese název Far Cry a v současné době je to jedna z nejoblíbenějších first-person her. Další známá hra, jež byla vyvinuta v tomto prostředí, nese název Crysis. V době svého vydání neměla konkurenci, a to jak po grafické stránce, tak i v hratelnosti. V současné době je k dispozici nová verze od roku 2014, ale již nenese číselné označení verze.

Hlavní předností tohoto enginu je téměř fotorealistické zpracování objektů a textur, avšak to je dnes již standardem. Programovacím jazykem je rovněž C++, stejně jako u Unreal Engine 4. Oproti výše zmiňovanému Unreal Enginu není pro komerční užití zcela zdarma, ale za měsíční taxu 10 USD, nebo si lze zakoupit zdrojové kódy celého enginu pro jejich editaci. Tuto volbu ocení především větší vývojářské společnosti. Taková licence přijde na několik stovek tisíc korun. [1] [2]



Obrázek 2: Logo CryEngine

### 3.1.3 Unity3D

Unity je populární nástroj pro tvorbu multi-platformních aplikací, her. Dominantou je zde portování již hotových aplikací na všechny mobilní platformy a podporuje i vývoj pro PC, XBox One, PS4. Stejně jako Unreal Engine je zde dostupný obchod s modely či hotovými projekty, tzv. Unity Asset Store, kde uživatelé nabízejí své modely ať už zpoplatněné či nikoliv. Oproti výše zmiňovaným enginům Unity nabízí dvě verze. Personal a Pro verze. Ty se mezi sebou liší množstvím funkcí. V osobní verzi, která je zdarma, je jich o poznání méně. Jedná se spíše o funkce doplňující, za zmínku stojí například možnost změnit splash screen. Profesionální verze stojí měsíčně 75 USD nebo lze zaplatit jednorázovou částku 1 500 USD. To je však pouze pro PC platformu. Další platformy se musí dokoupit za stejnou částku. Oproti ostatním enginům to není zcela zanedbatelná částka. [1] [2]



Obrázek 3: Logo Unity3D

### 3.1.4 Vybraný engine

Mé požadavky byly jasně stanoveny. Bylo potřeba vybrat si takový engine, který by splňoval většinu těchto požadavků. Mnou zvolen byl nakonec Unreal Engine, který mne mile překvapil intuitivním prostředím, kvalitou zpracování a vysokým počtem návodů do začátku, a to na nejrůznější věci od přípravy projektu, až po tvorbu uživatelského rozhraní. Tento editor mi byl znám již z minulosti, jelikož jsem se s ním setkal při vlastní menší tvorbě, takže nebylo potřeba začínat úplně od nuly. Při výběru bylo neopomenutelné také licencování, Unreal Engine je zcela zdarma, což hrálo velkou roli.

## 3.2 MOŽNOSTI MODELOVACÍHO PROGRAMU

K vytvoření 3D hry je zpravidla zapotřebí velké množství modelů. Tyto modely si můžeme buď obstarat z různých obchodů či si je sami vytvořit. K tomu slouží programy pro modelování objektů. Tyto programy jsou omezeny pouze naší představivostí, lze

v nich vytvořit téměř cokoliv, od základních objektů jako jsou například sklenice či váza až po celé komplexy budov. Zpravidla bývají zpoplatněny, a to vyššími částkami, běžnému uživateli tedy nejsou příliš dostupné. Některé nabízejí i tzv. trial verzi, která je časově omezena a dává uživateli možnost si daný produkt vyzkoušet na 30 až 60 dní. Existují i tzv. akademické licence, které se udělují pro účely čistě vzdělávací. Taková licence bývá udělena v rozmezí půl roku až tří let. Mezi nejznámější modelovací aplikace patří 3DS Max, Maya, Blender.

### 3.2.1 3DS Max

Jedná se o proprietární software pro tvorbu 3D grafiky a animací. Je světově nejrozšířenějším programem ve svém oboru. Byl vytvořen společností Autodesk. Je využíván jak v herním průmyslu, tak především v post produkci u filmů, reklam apod. Hojně je též používán ke konstrukční vizualizaci. Tento software podporuje pouze platformu Windows od verze 7 a vyšší. V současné době je k dispozici verze 2015. K tomuto programu je k dispozici velké množství rozšiřujících doplňků. Mezi nejslavnější tituly, ve kterých se objevují modely z tohoto programu, patří WarCraft III. Či film X-Man 2. 3DS Max podporuje celou řadu souborových formátů, mimo jiné i formát z AutoCADu. Software lze vyzkoušet na dobu 30 dní nebo je možné obdržet studentskou licenci na dobu tří let. [3]



Obrázek 4: Logo 3DS MAX

### 3.2.2 Maya

Tento program patřil společnosti Alias Systems, od které byl odkoupen společností Autodesk. Je vydáván ve dvou verzích, a to Maya Unlimited a PLE. Druhá zmíněná verze je zdarma pro nekomerční použití. V tomto programu se dá skriptovat pomocí jazyka Python či MEL. Oproti 3DS Max není pouze pro platformu Windows, ale i pro platformy Mac OS a Linux. Existuje i speciální verze pro herní vývoj, která nese název Maya LT. Tato verze značně usnadňuje exportování objektů do herních enginů.

Nevýhodou této verze oproti ostatním verzím je několik chybějících funkcí, jako například možnost importování formátu \*.psd. Obsahuje nejrůznější speciální nástroje, které se u tvorby modelů pro herní aplikaci skvěle hodí. [3]

### **3.2.3 Blender**

Tento program je vyroben společností Blender Foundation. Díky tomu, že jeho zdrojový kód je otevřený, je dostupný na mnoha platformách. Existují však i neoficiální portace softwaru. Program má velkou komunitu, proto jsou všude k dispozici návody či nejrůznější již vymodelované objekty a animace. Proti ostatním modelacím programům má Blender velice nízké hardwarové nároky, mezi něž například patří 2GHz procesor (Dual Core), 2 GB RAM, grafická karta s 250 MB VideoRAM. Toto se hodí zejména tehdy, pokud nemáme nejvýkonnější počítač na trhu, avšak pokud chceme tvořit složitější efekty, objekty a animace, je nutné zajistit si vyšší výpočetní výkon. V Blender také nalezneme vestavěný herní engine, díky kterému lze vytvořit různé 3D hry. Je jediným z řady programů, který je zcela zdarma, jak pro nekomerční tak i komerční využití. [3]

### **3.2.4 Vybraný modelovací program**

Pro modelování 3D objektů byl použit program 3DS Max. Vybrán byl hned z několika důvodů. Prvním z nich je intuitivní prostředí, které umožňuje snadnou tvorbu modelů. Dalším je dostupnost mnoha pluginů, návodů či již hotových objektů. Velkou výhodou je také bezproblémový export a následný import objektů do herního engine Unreal Engine 4, jež byl popsán v kapitole 3.1.4. Navíc jsem obdržel studentskou licenci umožňující užívání programu na tři roky zdarma. Tato skutečnost mou volbu programu 3DS Max potvrdila. [4]

## **3.3 MOŽNOSTI TECHNOLOGIE PRO KONFERENCI**

Pro realizaci video konference bylo nutné si opatřit potřebné nástroje, které tuto problematiku dokáží uvést do provozu. Nejprve bylo nutné si vybrat způsob napojení jednotlivých uživatelů přítomných ve hře. K tomu bylo použito rozhraní Steamworks. Po připojení do požadovaného sezení, místnosti stačilo už jen začít přenášet data z webkamer k ostatním uživatelům. Mé rozhodnutí nakonec vybralo technologii webových prohlížečů WebRTC. Nyní stačilo už jen integrovat možnost zobrazení

webové stránky s video konferencí do herního enginu. K tomu byl použit plugin CoherentUI.

### **3.3.1 Steamworks API**

Steamworks API je aplikační rozhraní od společnosti Valve, která se zabývá vývojem a distribucí videoher. Toto rozhraní umožňuje vývojáři přidat do své hry možnosti hostovat či připojit se k existujícímu sezení. V praxi to znamená, že Steamworks API propojí dva a více hráčů skrze peer-to-peer spojení v jedné hře, slouží tedy k realizaci multiplayeru. Poskytuje i další věci, jako statistiky, archievementy, atp. [5]

### **3.3.2 WebRTC**

WebRTC (Web Real Time Communication, česky Webová komunikace v reálném čase) je API vytvořené konsorciem W3C pro realizaci telefonních hovorů, video chatu a peer-to-peer sdílení souborů v rámci aplikací spustitelných ve webovém prohlížeči bez nutnosti instalace zásuvných modulů. Podporu WebRTC nalezneme v Google Chrome verze 23, Mozilla Firefox 22, Opera 18. Je podporován i mobilními prohlížeči Google Chrome 28, Mozilla Firefox 24 a Opera Mobile 8. Internet Explorer a Safari do srpna roku 2014 neobsahovaly podporu pro WebRTC, proto je zde podpora v podobě zásuvných modulů. [6]

### **3.3.3 CoherentUI**

Je placeným pluginem vytvořeným společností Coherent Labs. Slouží k vytvoření kvalitního uživatelského prostředí s působivými vizuálními efekty. Využívá integrace webového prohlížeče do okna hry. Stačí tedy vytvořit jednoduchou webovou stránku za pomoci značkovacího jazyka HTML, kaskádových stylů CSS a skriptovacího jazyka JavaScript pro interakci v rámci enginu. V současné době nabízí podporu pro Unreal Engine, Unity3D či je k dispozici jako knihovna pro jazyk C++. [7]

### **3.3.4 Bistri Framework**

Bistri Framework je nadstavbou WebRTC, který shlukuje základní metody pro vytvoření video konference. Tento framework jednoduše umožňuje vytvořit jednotlivé místnosti pro rozlišení účastníků video hovoru a následně se k dané místnosti připojit. Po schválení potvrzení o povolení snímání z webkamery či audio zařízení začne tyto data přenášet k ostatním uživatelům skrze peer-to-peer připojení. [8]

### 3.4 METODY, KTERÉ VEDLY K NEÚSPĚCHU

První metodou, jež vedla k neúspěchu, byl pokus o síťové propojení herních klientů. Každá aplikace vytvořená v Unreal Enginu obsahuje stejné základní konzolové příkazy. Mezi ně patří také vytvoření sezení na určené mapě, tím se myslí vytvoření serveru s požadovanou mapou. Samozřejmě jsou zde i příkazy pro připojení do existujícího sezení skrze IP adresu. Proto bylo mou prvotní snahou vytvoření jednoduchého formuláře v hlavním menu, který by se připojoval pouze k zadanému sezení skrze IP adresu. Tato možnost se zdála velmi jednoduchá, ale ne příliš efektivní. Problém, jež se objevil, byl právě s připojením na vytvořené sezení. Připojení trvalo příliš dlouhou dobu a nebylo spolehlivé. Proto mnou byla zvolena integrace Steamworks API, jež celou problematiku zjednodušuje.

Zpočátku byla má snaha zaměřena na integraci C++ knihoven WebRTC přímo do kódu enginu, zde se však objevily problémy, které značně znepříjemnili mou realizaci. Šlo především o špatnou kompilaci řešení, respektive problém s verzemi jednotlivých částí (Unreal Engine a WebRTC). Po neúspěšném nasazení WebRTC přímo do kódu enginu byla nejlepším řešením realizace pomocí speciálně navržené webové stránky pro konferenci. Stačilo jen vybrat plugin, jež by pomohl docílit integrace webového prohlížeče do herního enginu. Na výběr byly dva pluginy, RadiantUI a CoherentUI. Oba tyto pluginy se zdály být na stejné úrovni, co se funkčnosti týče, ale byl zde rozdíl v licencování. RadiantUI je zcela zdarma a CoherentUI placený. Mé rozhodnutí se tedy přiklonilo k vyzkoušení prvního z pluginů, ale opět se objevil nečekaný problém, kterým bylo automatické povolování streamu z kamery. V klasickém prohlížeči se vždy zobrazí okno, kde je nutné pro požadovanou webovou stránku povolit webkameru či audio zařízení pro snímání. Bylo potřeba zařídit automatické přijetí tohoto opatření, jelikož se ani v jednom pluginu tato hláška nezobrazovala. První možnost tedy selhala, proto byl nakonec vybrán CoherentUI.

### 3.5 VÝBĚR

Pro realizaci výsledné aplikace byl využit herní engine Unreal Engine 4, který se v té době stal bezplatným. Byl vybrán proto, jelikož mé zkušenosti v oblasti vývoje her s jeho starší verzí nebyly malé. Prostředí tohoto enginu bylo oproti starší verzi označené



Unreal Engine 3 hodně změněno. Nová verze mne však nakonec příjemně překvapila, především možností grafického programování a bohatou dokumentací.

K vytvoření věrných modelů pro scénu s virtuální učebnou byl vybrán 3D modelovací program 3DS Max 2015, od kterého byla obstarána studentská licence, jež mi byla poskytnuta na dobu tří let.

Nyní zbývalo již jen jediné rozhodnutí, jak celou video konferenci zrealizuji. Jako jedna z mála možností se mi nejvíce zamlouvala technologie WebRTC. Mé rozhodnutí se přiklápělo k využití právě této technologie, a to způsobem nativní integrace přímo do herního enginu v jazyku C++. Druhou alternativou byla integrace webového prohlížeče skrze plugin třetí strany, CoherentUI. K propojení účastníků video konference byl použit plugin Steamworks, který poskytoval vše, co k tomu bylo potřeba.

Po úspěšném připojení k vytvořenému sezení od jiného uživatele se uživateli spustí integrovaný herní webový prohlížeč, který načte webovou stránku s video konferencí realizovanou pomocí frameworku Bistri.

## 4 REALIZACE ŘEŠENÍ

Jako první byly obstarány všechny doplňky potřebné k vývoji aplikace. Po jejich obstarání byl založen projekt v prostředí Unreal Engine 4 verze 4.7.6. Jako šablona pro projekt byl vybrán *3D Person C++*, který nabízí základní implementaci 3D charakteru, jež se může pohybovat po scéně. Byly vytvořeny dvě odlišné mapy s názvy MainMenu a Smartroom. Jak název napovídá, první mapa je určena pro hlavní menu, které slouží jako rozcestník. Scéna Smartroom obsahuje všechno vybavení zmíněné učebny. Poté byl vytvořen tzv. *Enumeration* s názvem State, což je pole stavů reprezentované řetězcí. To slouží k odlišení jednotlivých stavů aplikace. Využívá se především v Blueprintu s názvem *VS\_GameInstance*, který dědí od předka *GameInstance* a slouží ke sdílení informací mezi mapami.

### 4.1 WEBOVÁ STRÁNKA S KONFERENCÍ

Jedná se o jednoduchou HTML stránku obohacenou kaskádovými styly, frameworkem Bootstrap a JavaScriptovými knihovnami pro zpracování konference. Samotná stránka je velmi jednoduchá, skládá se ze dvou částí. První část je umístěna vlevo a obsahuje stream z uživatelské webkamery. Pokud se zde nic nezobrazí, nebylo možné najít webkameru či není plně funkční. Druhá část se nachází na straně pravé, kam se postupně umisťují videa ostatních připojených uživatelů. Zobrazí se zde pouze 4 uživatelé, ti zbývající se skryjí. Lze je libovolně přepínat pomocí šipky nad prvním videem.



---

Obrázek 5: Webová stránka s konferencí

Webová stránka, která nese název `hud.html`, slouží jako uživatelské prostředí a slouží k zajištění video konference. Vše je nakódováno responzivně a přizpůsobeno pro nejrozličnější rozlišení. Responzivitě zajišťuje známý CSS framework Bootstrap, který obsahuje mnoho stylů pro základní i pokročilé prvky webové stránky.

K webové stránce jsou připojeny tři JavaScriptové soubory, jQuery verze 1.11.2, Bistri framework obsahující metody pro vytvoření video konference a soubor `main`, který obsahuje logiku tvorby konference.

#### 4.1.1 Programová logika

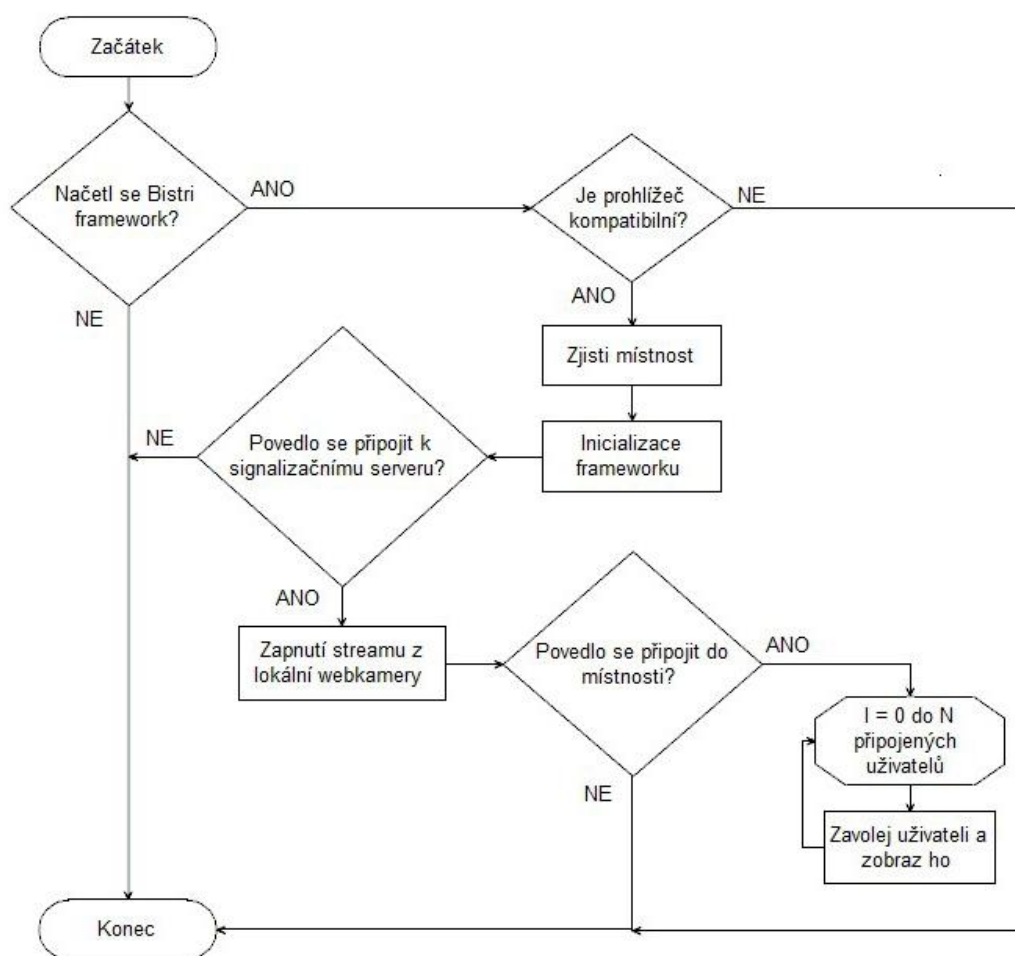
Pokud se Bistri framework nahraje bez jakýchkoliv potíží, spustí se hlavní funkce `onBistriConferenceReady`, která nám zajišťuje veškerou komunikaci. Prvně potřebujeme zjistit, zda je prohlížeč kompatibilní s WebRTC a případně vyhodit chybu, která uživatele upozorní, že jeho prohlížeč není kompatibilní.

Pokud kompatibilní je, přejde se k dalšímu kroku, a tím je zjištění do jaké místnosti uživatele máme připojit. K tomu slouží proměnná s názvem `room`, do které se vloží název místnosti předaný parametrem webové stránky. Abychom mohli k tomuto parametru přistupovat, je nutné si vytvořit funkci s názvem `getQueryVariable`, která jako parametr přijímá řetězec s názvem parametru, který má přečíst. V našem případě předáváme řetězec `room`. Z toho plyne, že pokud se budeme chtít připojit do konference skrze webový prohlížeč, bude část adresy vypadat například takto: `hud.html?room=mistnost1`. Pokud by se stalo, že je parametr prázdný, nastaví se výchozí hodnota, a to `default`.

Následuje inicializace Bistri Frameworku, která nastaví klíče k aplikaci. Bylo nutné si u společnosti Bistri vytvořit účet, díky kterému byl poskytnut onen klíč, bez kterého by aplikace nefungovala. Po inicializaci se volá metoda `connect`, která vytvoří uživateli sezení na straně poskytovatele, tj. Bistri. Pokud se nepodaří z nějakého důvodu sezení vytvořit, je uživateli zobrazena hláška definovaná v metodě `onError`. V opačném případě je uživatel dotázán na povolení video kamery nebo v případě přístupu skrze integrovaný prohlížeč se tato volba nezobrazuje, ale je automaticky povolena. Tento lokální stream je pak připojen do webové stránky do levého horního rohu.

Posléze je uživatel připojen do místnosti skrze signální server. Ten slouží k získávání dat všech uživatelů. Úspěšné připojení do místnosti spustí funkci *onJoinedRoom*, která skrze signální server zjistí údaje o uživatelích, mimo jiné jejich unikátní identifikaci, uživatelské jméno atp. a následně s každým vytvoří peer-to-peer spojení, přes které se odesílají data. Pokud se toto spojení vytvoří a uživatel odesílá stream ze své webkamery, u ostatních účastníků se spustí metoda *onStreamAdded*, která vloží video stream jako prvek do webové stránky, umístí ho vpravo směrem od shora dolů.

Jednotlivé uživatelské streamy jsou zabaleny do divového kontejneru, který nese název podle uživateleova identifikátoru. Tím se zajistí odejmutí uživatele v případě výpadku signálu či přerušení ze strany uživatele. Vyskytují se zde dvě funkce pro ovládání odchozích a příchozích dat. První slouží pro pozastavení odesílání lokálního streamu (jak audio, tak video), a druhá ke ztlumení ostatních účastníků hovoru.



Obrázek 6: Vývojový diagram videokonference

## 4.2 GAME INSTANCE

Tato třída slouží k propojení dvou map a ke sdílení důležitých proměnných či informací a taktéž k určení, ve kterém stavu aplikace se uživatel nachází. Tím se myslí, zda momentálně vytváří sezení, připojuje se k němu, atp.

Je zde obsaženo několik důležitých funkcí, maker a proměnných, bez kterých by byla komunikace mezi jednotlivými komponentami velice obtížná.

### 4.2.1 Makra

Mezi nejdůležitější makra patří *IsCurrentState*, jež má za funkci přijmout stav a zjistit, zda je tento stav aktuální. Makro *TransitionToState* má za funkci nastavit požadovaný stav, pokud již tento stav není nastaven, dle toho zobrazit či skrýt ovládací prvky. Při zobrazení ovládacího prvku se vždy kontroluje, zdali komponenta již existuje. Pokud ne, vytvoří se a zobrazí uživateli, případně se pouze zobrazí.

### 4.2.2 Funkce

Je zde několik funkcí. *NetErrToString* a *TravelErrToString* jsou funkce, jež vrací chybové hlášky. První z funkcí se zaměřuje na problémy s připojením k sezení a funkce druhá na přepínání stavů aplikace. Nalezneme zde funkci *HideWidget*, která odstraní daný ovládací prvek z uživatelského prostředí. Funkce *StartPlayingState* nastavuje po úspěšném přechodu z menu do mapy s učebnou stav *Playing*.

## 4.3 STAVY APLIKACE

Jak již bylo zmíněno výše, stavy jsou nedílnou součástí výsledné aplikace. Pomocí nich se rozhoduje, kde se uživatel zrovna nachází, respektive jakou činnost vykonává a podle toho se rozhoduje, jaké menu uživateli zobrazit. Stavy, které se zde mohou objevit, jsou následující:

- Startup
- Menu
- Server List
- Loading Screen
- Error Dialog
- Playing

- Host Game
- Settings
- Unknown

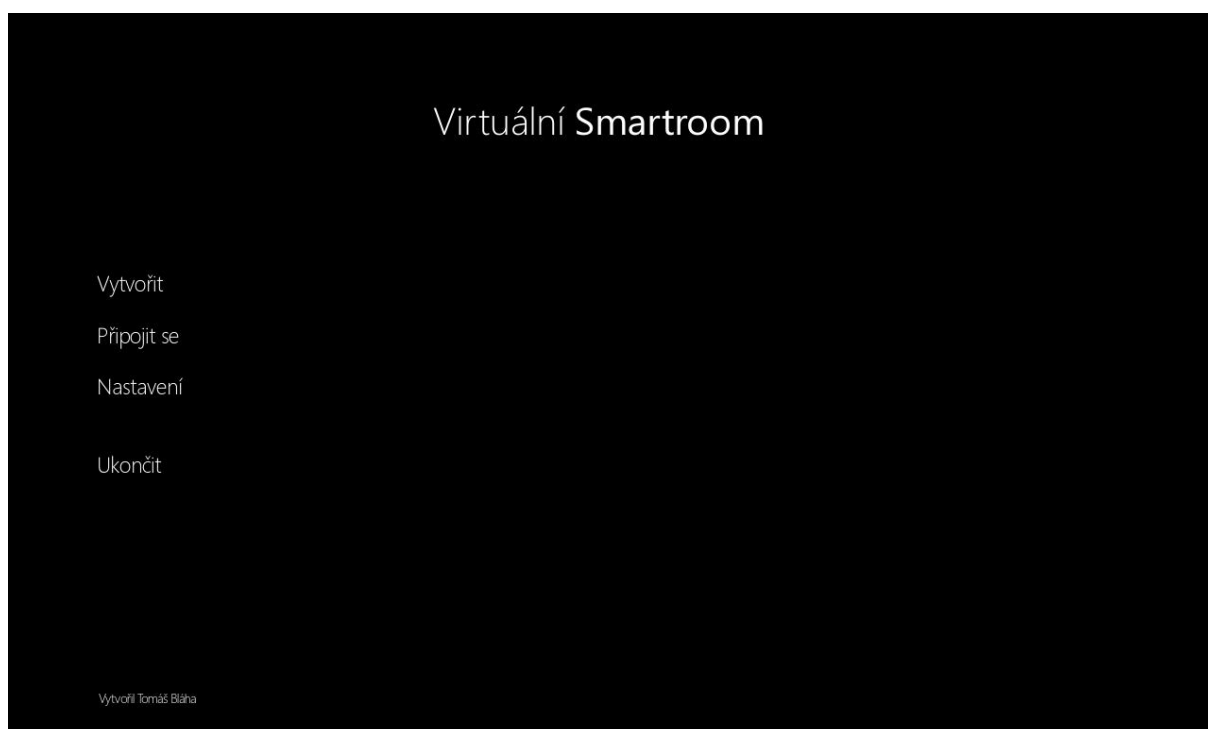
#### 4.3.1 Popis stavů

Stav Startup je nastaven tehdy, pokud uživatel právě spustil aplikaci. Je to výchozí stav. Menu stav se nastaví tehdy, pokud se uživatel v menu nachází. Server List je stav pro detekci, zda uživatel aktuálně vyhledává servery. Obdobou je Host Game, kdy má uživatel zobrazeny možnosti, s jakými parametry chce sezení založit. Načítací obrazovka má stav Loading Screen, nastavení zase Settings. Jedním z nejdůležitějších stavů je stav Playing, který určuje, zdali se uživatel aktuálně účastní konference. Je zde i výstražný stav, tzv. Error Dialog, při kterém nastala chyba a je potřeba ji uživateli zobrazit. Pokud se snažíme přistoupit na stav, který neexistuje, nastaví se stav Unknown.

### 4.4 HLAVNÍ MENU

Scéna s hlavním menu obsahuje velice jednoduchou logiku. Po spuštění mapy s hlavním menu se vytvoří instance herní třídy *VS\_GameInstance*, která obsahuje všechny potřebné metody pro zobrazení různých widgetů v menu dle požadavků uživatele.

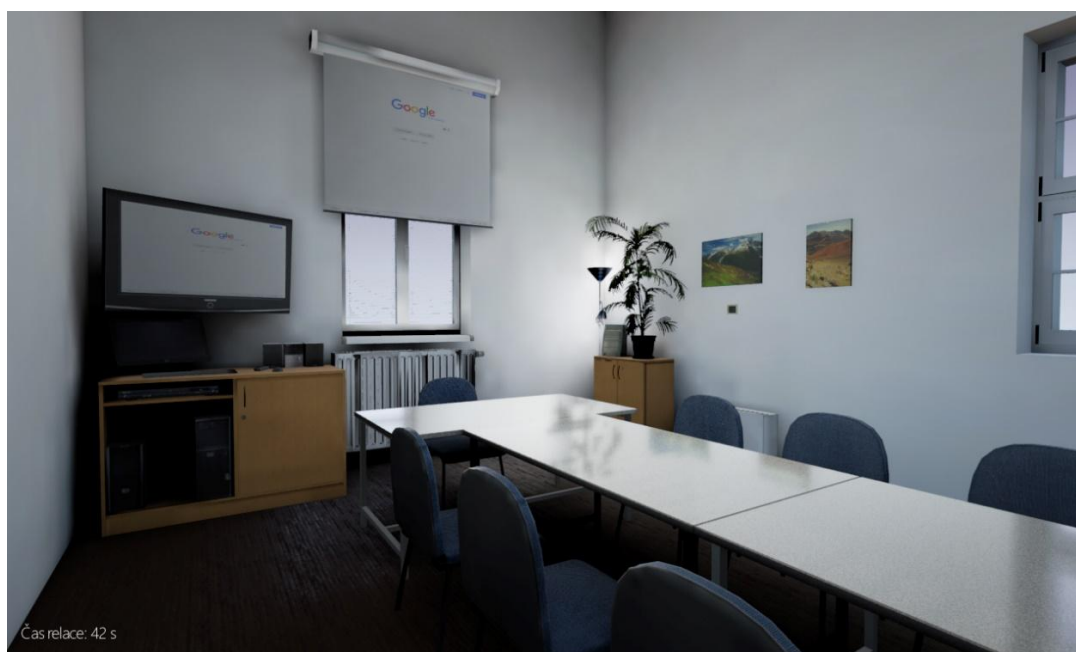
Výchozím widgetem je zde *MainMenu*, které obsahuje čtyři tlačítka: Vytvořit, Připojit se, Nastavení a Ukončit. Každé tlačítko má svou funkci a zobrazuje či skrývá určité widgety. V praxi to znamená, že když klikneme na tlačítko Nastavení, panel s hlavním menu zmizí a zobrazí se panel s položkami pro upřesnění požadovaného nastavení (grafické či zvukové nastavení). Do pozadí hraje hudba k podbarvení scény.



Obrázek 7: Hlavní menu

## 4.5 UČEBNA SMARTROOM

Tato scéna obsahuje veškerý nábytek a vybavení učebny, a to ke dni 4. 5. 2015, vymodelované v programu 3DS Max. Taktéž tato scéna implementuje třídu *VS\_GameInstance*.



Obrázek 8: Virtuální učebna Smartroom

Po připojení do této scény se uživateli zobrazí díky pluginu CoherentUI webová stránka, která obsahuje uživatelské rozhraní pro konferenci. Je důležité jednotlivé konference odlišit, proto se webové stránce předává parametr s názvem *room*, který obsahuje unikátní řetězec. Po načtení stránky se automaticky připojí do konkrétní místnosti. Pokud má uživatelův počítač připojenou webkameru, automaticky se začne snímat obraz a odesílá se k ostatním uživatelům ve stejné konferenci. Ostatním uživatelům se po pravé straně objeví stream z webkamer uživatelů, kteří jsou připojeni do konference.

Je zde i zabudované menu, které slouží pro rychlou navigaci či změnění nastavení. Položky tohoto menu jsou: Pokračovat, Hlavní menu, Nastavení, Ukončit. Menu aktivujeme klávesami V nebo Escape.

V této scéně je pouze jeden interaktivní prvek, a tím je rozsvěcení světel v místnosti. Pokud se uživatel rozhodne světla rozsvítit, nerozsvítí je pouze u sebe, ale i u ostatních účastníků konference. Tato interakce s okolím je sdílena mezi ostatní klienty a je spuštěna tehdy, pokud uživatel přistoupí do tzv. Trigger Boxu a zmáčkne na klávesnici klávesu E. Trigger Box je průhledný objekt, který dokáže detekovat, zda je uživatel vně a kdy z něj vystoupí. *OnActorBeginOverlap* a *OnActorEndOverlap* jsou metody, které k detekování slouží. S pomocí těchto metod se nastavuje proměnná, která určuje, zda je uživatel v dosahu spínače, pokud ano, uživateli se na obrazovce zobrazí zpráva, že může aktivovat světla pomocí klávesy E. Pokud uživatel následně stiskne onu klávesu, světla se rozsvítí nebo zhasnout pomocí funkce *ToggleLights*, která se provede u každého účastníka konference. To znamená, že interakce s vypínačem světel se zobrazí každému uživateli stejně, naráz.



## 5 VYHODNOCENÍ ŘEŠENÍ

V rámci práce byla jako první vymodelována většina předmětů podle fyzické učebny smartroom. Ostatní předměty byly získány z volně přístupných externích zdrojů. Učebna ale obsahuje všechny důležité předměty, které na fotografiích byly ke dni 4. 5. 2015. Jedná se o celou místnost včetně stolů, židlí, elektroniky, dveří, oken, květin, nábytku a všelijakých drobností.

Vymodelovaná místnost byla vložena do jedné scény aplikace vytvořené v herním enginu Unreal Engine 4. Druhou scénou je menu, které je potřebné pro prvotní orientaci ve hře. Přepínání mezi scénami funguje velmi dobře, tak jako celá aplikace. Další cíl byl tímto tedy splněn.

Bylo také potřeba, aby hra obsahovala multiplayer. Tato část byla také splněna, a to pomocí aplikačního rozhraní Steamworks, které umožňuje více hráčům připojit se ke hře. Multiplayer funguje lokálně výborně, při přenosu přes internet je však potřeba mít vždy zapnutý program Steam, jinak nelze servery přes internet nalézt.

Možnost přenosu videa a zvuku je také nedílnou součástí cílů této bakalářské práce. Tento přenos se i po mnoha nezdařených pokusem nakonec povedl. Přenos videa a zvuku je možný díky pluginu CoherentUI, frameworku Bistri a WebRTC.

Limit na počet připojených uživatelů ve videokonferenci je maximálně devět osob. Aplikace je otestována na čtyři osoby s povolením sdílení videa. Jako softwarový požadavek lze uvést pouze .NET framework, který se sám doinstaluje pokud jej uživatel nemá anebo má jinou verzi.

Náročnost na hardwarové vybavení počítače není příliš vysoká. Tuto aplikaci lze spustit téměř na každém počítači díky low polygonovým modelům a malé velikosti scény s učebnou. Díky testování na různých počítačích byly určeny jako minimální nároky parametry uvedené v následující Tabulce 1.

Tabulka 1: Nároky na hardware

CPU	Pentium D 920 2.8 GHz
	Athlon 64 X2 Dual Core 3600+
GPU	GeForce 8600 GT
	Radeon HD 2600 Pro
RAM	2 GB
OS	Win Xp 32
Direct X	DX 9
Místo na disku	1 GB

## 6 ZÁVĚR

Aplikace virtuální smartroom byla vytvořena přesně dle zadání a pokynů. I když to nebylo jednoduché, nakonec byly všechny cíle této práce splněny, tak jak je to popsáno v předchozí kapitole s názvem vyhodnocení. Tato kapitola výstižně popisuje splněné požadavky a cíle práce, včetně toho jak jich bylo docíleno.

Tvorba celé práce byla velice zajímavá, poučná a přínosná. Po celou dobu bylo potřeba řešit všelijaké problémy, ať už s nefunkčností programů, se špatným přenosem videa a zvuku či s neznalostí některých funkcí programu. Část této práce byla velmi složitá, část zase velice jednoduchá. Nejtěžší byla asi integrace pluginu CoherentUI a vytvoření webové stránky s konferencí. Naopak mezi nejjednodušší prvky se řadí tvorba menu či samotné místnosti. V rámci celé práce mnou bylo vyzkoušeno velké množství různých programů a aplikací, což je pro mne velkou výhodou, jelikož jsem tím získal nemalé zkušenosti do budoucna a bylo mi umožněno proniknout do problematiky vývoje her

Výběr tématu této bakalářské práce byl správný. Je potřeba říct, že mne práce velice obohatila a rozšířila mé obzory. Také mne velice bavilo na ní pracovat, i když to místy nebylo vůbec jednoduché. Doufám, že díky tyto zkušenosti mne dostanou k profesionálnímu vývoji her, ať už v některém z existujících studií či ve svém vlastním. Pokud by mi v budoucnu bylo umožněno navázat na tuto bakalářskou práci, s nadšením bych pokračoval v jejím vylepšování a v rozšiřování o další funkcionality.

## SEZNAM LITERATURY

- [1] BITVA HERNÍCH ENGINŮ – UNREAL, CRYENGINE, UNITY NEBO SOURCE?. Virtualniefekty. [online]. [cit. 2015-07-25]. Dostupné z:<http://vizualniefekty.cz/bitva-hernich-enginu-unreal-cryengine-unity-nebo-source/>
- [2] Unity, Source 2, Unreal Engine 4, or CryENGINE – Which Game Engine Should I Choose?. Digitaltutors. [online]. [cit. 2015-07-25]. Dostupné z:<http://blog.digitaltutors.com/unity-udk-cryengine-game-engine-choose/>
- [3] 3ds Max, Maya LT or Blender – Which 3D Software Should I Choose for Asset Creation?. Digitaltutors. [online]. [cit. 2015-08-11]. Dostupné z:<http://blog.digitaltutors.com/3ds-max-maya-lt-blender-3d-software-choose-asset-creation/>
- [4] Kříž, J.: Mistrovství v 3ds Max, Computer press, 2010, ISBN 9788025124642
- [5] API overview. Steamgames. [online]. [cit. 2015-07-30]. Dostupné z: <https://partner.steamgames.com/documentation/api?l=czech>
- [6] WebRTC. Wikipedia. [online]. [cit. 2015-08-05]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/WebRTC>
- [7] COHERENT UI. Coherent-labs. [online]. [cit. 2015-08-15]. Dostupné z: <http://coherent-labs.com/product-coherent-ui/>
- [8] Our offer. Bistri. [online]. [cit. 2015-08-21]. Dostupné z: <http://developers.bistri.com/our-offer/>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Logo Unreal Engine 4 .....	19
Obrázek 2: Logo CryEngine .....	19
Obrázek 3: Logo Unity3D .....	20
Obrázek 4: Logo 3DS MAX.....	21
Obrázek 5: Webová stránka s konferencí .....	26
Obrázek 6: Vývojový diagram videokonference .....	28
Obrázek 7: Hlavní menu .....	31
Obrázek 8: Virtuální učebna Smartroom .....	31

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Nároky na hardware.....	34
------------------------------------	----